

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 26-130

補助事業名 平成26年度廃棄GFRPを再利用したセラミックスの応用研究補助事業

補助事業者名 宮崎大学工学教育研究部 木之下 広幸

1 研究の概要

本研究は、廃棄ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）を有効に利用して、近年の環境問題に対処できる製品を開発することを目的に、研究代表者らが提案している「粘土と粉砕した廃棄GFRPを混合・焼成し、ガラス繊維強化多孔質セラミックスを製造する方法（特許第5167520号）」を用いて、

- ① セラミックスの多孔質な性質に着目し、NO_x等の有害ガス及び空気中に含まれるPM2.5等の微粒子を濾過できる空気浄化用セラミックス、
- ② セラミックスの高い吸水性と低熱伝導に着目し、ヒートアイランド対策として輻射熱を抑制できる保水性舗装ブロック、
- ③ セラミックスの透水性に着目し、水質浄化用セラミックス（濁水・汚水濾過材）、
からなる環境調和機能を有するセラミックスの開発を行った。

2 研究の目的と背景

- ・ 研究代表者らは、廃棄GFRPのほとんどが埋立て処分され、環境汚染や埋立地の不足が懸念されていたことから、ガラス繊維を有効利用して廃棄GFRPを処理する方法として、廃棄GFRPを粉砕し、粘土と混合・焼成することにより、ガラス繊維強化多孔質セラミックスを製造する方法を提案していた。
- ・ 本セラミックス製造方法は、熱可塑性プラスチックおよび熱硬化性プラスチックの両方に適用できる。セラミックスの特徴としては、一般に、粘土を母材とする多孔質セラミックスは強度が低いために構造材としての利用は難しいが、この製造方法により得られる多孔質セラミックスはマトリックスがガラス繊維により強化されるため、土木部材などにも十分に適用できる強度を有することが挙げられる。
- ・ しかし、廃棄物のリサイクルでは、廃棄物の収集や洗浄などの前処理等が必要になるため、通常原材料を用いた場合よりも製造コストが高くなる。また、材料の劣化などの制約があり高品質化も難しいという課題がある。従って、廃棄物の特徴を活かした優れた機能を持ち、幅広い用途や社会的意義の大きい用途が期待できることが重要である。
- ・ 近年では、ヒートアイランド現象、水質汚染、PM2.5やNO_xなどによる大気汚染、都市部におけるゲリラ豪雨による水害などの環境問題が極めて重要な課題となっている。
- ・ そこで本研究では、廃棄GFRPを再利用したセラミックスの用途として、これらの環境問題に対処できるエコマテリアルの開発を行なうこととした。

3 研究内容

① ヒートアイランド対策として輻射熱を抑制できる保水性舗装ブロックの開発

- ・粘土と廃棄GFRPを混合焼成したセラミックスは、焼成過程で樹脂成分が分解されるので気孔率が高く、吸水容量が大きい。通常、高い気孔率の粘土質セラミックスは強度が低いために舗装用ブロックなどに用いることは困難であるが、本研究のセラミックスは、粘土組織がガラス繊維により強化されるために強度が高い。セラミックスのこれらの特性に着目し、ヒートアイランド対策としての保水性舗装ブロックの開発を行った。

(1) セラミックスの曲げ強度試験及びワイブルプロットによる強度評価

- ・廃棄GFRPを用いて作製できるセラミックスの強度領域を明らかにすること、ならびに舗装用ブロックの曲げ強度の要件（3MPa以上）を満たすセラミックスの製造条件を決定することを目的に、ガラス繊維を30%、40%、50%含有するGFRP、及びガラス繊維を含まない樹脂を用いて各種試験片を作製し、それらの曲げ強度について検討した。
- ・粘土とGFRPの粉末を混合焼成したセラミックスの曲げ強度の領域がほぼ明らかになった。また、舗装ブロックの曲げ強度の基準を満足するセラミックスの作製条件を決定することができた。

(2) セラミックスの輻射熱低減性能に関する実験及び解析

- ・吸水させたセラミックスは粘土のみから作製したセラミックスあるいはモルタルよりも長時間輻射熱による表面温度の上昇を抑えることができることを実証した。
- ・粘土と廃棄GFRPを混合焼成することにより作製したセラミックスを保水性舗装ブロックとして用いた場合の蒸発熱による温度低減効果を推定する手法を提案した。
- ・具体的には、まずセラミックスの水の蒸発速度の測定を行い、蒸発熱量を算定する。次に、この蒸発熱量を用いてFEMによるセラミックスの温度解析を行い、水分の蒸発による温度低減効果を定量的に推定する。
- ・セラミックスの熱伝導率の測定から、粘土とGFRPを混合焼成したセラミックスの熱伝導率はモルタル（セメントと細骨材の混合物）の熱伝導率よりも著しく低いこと、GFRPの混合率が増加するにつれてセラミックスの熱伝導率は低下することを明らかにした。この結果から、セラミックスを建築用タイルとして用いることで、夏季の室内温度の低減が期待できることがわかった。

② 水質浄化用セラミックス（濁水・汚水濾過材）の開発

- ・本研究のセラミックス製造方法では、粘土マトリックスがガラス繊維により強化されるので、従来の粘土を母材とする多孔質セラミックスよりも高い気孔率と大きなサイズの気孔を有するセラミックスを作製できる。それらのセラミックスは明確な透水性を示す。そこで本研究では、高い濁度低減性能と透水性の両方の性質を併せ持つ水質

浄化用セラミックスの開発を行った。

(1) 各種セラミックス試験片について気孔率及び細孔分布を測定

- ・粘土のみから作製したセラミックスは数マイクロメートル以下の細孔を多く持つ。一方、粘土とGFRPを混合焼成したセラミックスは、GFRPの混合率が増加するにつれて大きな細孔を持つ分布となり、数マイクロメートルから数百マイクロメートルの細孔を多く持つことがわかった。

(2) 透水試験及び濁水・汚水の濾過試験

- ・粘土とGFRPを混合焼成することにより、透水係数が 1×10^{-2} (cm/s)を超える透水性を持つセラミックスを作製できる。(透水性舗装ブロックの要件は透水係数が 1×10^{-2} (cm/s)である。従って、透水性舗装ブロックが用途として期待できる。)
- ・高い透水性と高い濁度低減性能の両方を併せ持つ濾過材が作製できることがわかった。
- ・セラミックスの細孔径と濾過できる微粒子との関係を明らかにした。その結果、セラミックスの作製条件を変えることにより組織の細孔分布を制御し、様々な大きさからなる懸濁物質において、濾過に適した気孔径を持つセラミックスを作製できることがわかった。
- ・セラミックス濾過材の目詰まり対策についての指針を示した。
- ・セラミックスの化学的成分の特徴から、濾過後の水質は僅かにアルカリ側に推移することがわかった。

③ 空気浄化用セラミックス（有害ガス及び粉じん濾過材）の開発

- ・セラミックスの多孔質な性質に着目し、NO_x等の有害ガス及び空気中に含まれるPM2.5等の微粒子を濾過できるセラミックスの開発を行なった。

(1) セラミック試験片及び光触媒材料を焼結した試験片のNO₂吸着性能試験

- ・金属（炭素鋼，Al合金），プラスチック，木材，モルタル（セメント），粘土を焼結した試験片，及びGFRPセラミックス試験片について，NO₂の吸着試験を実施。
- ・粘土を焼成したセラミックスは単位質量及び単位体積当たりの両方においてNO₂の吸着性に優れていることを明らかにした。
- ・GFRPセラミックスは光触媒材料を担持しなくとも高いNO₂吸着除去性能を有することを明らかにした。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

- ・廃棄ガラス繊維強化プラスチックを再利用して，ヒートアイランド現象や水質・大気汚染などの環境問題に対処できるエコマテリアル（環境調和機能を有する製品）を開発することにより，資源の有効利用，クリーンで健全な地球環境の維持に貢献できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

- ・社会に少しでも目に見える形で貢献できる研究を行いたいとの思いから、環境問題に着目したエコマテリアルの開発を行なっている。今回の研究は、私にとって最も重要な研究であり、研究者として満足できる成果を残したい。

6 本研究にかかわる発表論文等

学術誌

1. H. Kinoshita, T. Yuji, Y. Yasuda Y., Okamura, K. Yasui, M. Sezaki, ENVIRONMENTAL HARMONY-TYPE PAVEMENT BLOCKS MADE FROM CLAY AND WASTE GFRP, International Journal of Civil, Structural, Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development, Vol. 6, Issue 1, 51-60, 2016年2月. (論文賞受賞)
2. Yusuke YASUDA, Hiroyuki KINOSHITA, Kentaro YASUI, Toshifumi YUJI, Yoshimi OKAMURA, Mitsuhiro SEZAKI and Ryuusuke KAWAMURA, Ceramics utilizing glass fiber-reinforced plastic as civil engineering materials to counteract the heat island phenomenon, Mechanical Engineering Journal (日本機械学会英文誌), (掲載決定).
3. 木之下広幸, 安井賢太郎, 湯地敏史, 岡村好美, 境健太郎, 瀬崎満弘, 廃棄ガラス繊維強化プラスチックと粘土を混合・焼成した高強度多孔質セラミックスの応用(第I報), 宮崎大学工学部紀要第44号. (頁数7, 2015年7月)

国際会議論文

1. Y. Yasuda, H. Kinoshita, K. Yasui, S. Kamiunten, T. Yuji, Y. Okamura, T. Bouno, M. Sezaki, Pavement Blocks for Heat Island Countermeasures Produced by Firing Mixtures of Clay and Waste Glass Fiber-Reinforced Plastic, Proceedings of 1st ACEIAT and 3rd JTSTE 2014, (2014), pp.57-60.
2. H. Kinoshita, S. Kamiunten, Y. Yasuda, K. Yasui, T. Yuji, Y. Okamura, K. Sakai, S. Sawayama, M. Sezaki, Strength of Ceramics Produced by Firing Mixtures of Clay and Waste Thermosetting Plastics with High Glass Fiber, Content Proceedings of 1st ACEIAT and 3rd JTSTE 2014, (2014), pp.205-208.
3. H. Kinoshita, K. Yasui, Y. Yasuda, S. Kamiunten, Y. Okamura, T. Yuji, S. Sawayama, M. Sezaki, NO₂ Adsorption and Removal Performance of Porous Ceramics Produced by Firing Mixtures of Clay and Waste Glass Fiber Reinforced Plastic, Proceedings of 1st ACEIAT and 3rd JTSTE 2014, (2014), pp.53-56.
4. Y. Yasuda, R. Kawamura, H. Kinoshita, T. Yuji, Y. Okamura, K. Yasui, M. Sezaki, The Radiant Heat Reducing Effect of Pavement Blocks Produced by Mixing Waste Glass Fiber-Reinforced Plastic with Clay, Proceedings of 10th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, (CD-ROM) A093, 1-6, 2015年11月 (島根県松江市).
5. H. Kinoshita, S. Goto, K. Yasui, T. Yuji, Y. Okamura, M. Sezaki, S. Sawayama, Application of Porous Ceramics Produced by Mixing Waste Glass Fiber Reinforced Plastic with Clay to Filtering Material for Turbid Water, Proceedings of 10th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics, (CD-ROM) A092, 1-5, 2015年11月3日 (島根県松江市).
6. M. Fujisaki, H. Kinoshita, K. Yasui, T. Nakazono, T. Kobayashi, Y. Yasuda, H. Fukuyama, Y. Okamura, T. Yuji, M. Sezaki, Moss Greening Material with a Porous Ceramic Base Made from Clay and Waste Silica, Proceedings of 2st ACEIAT2015, (2015), pp.195-198, 2015年8月, バンコク.
7. H. Kinoshita, T. Yuji, Y. Okamura, K. Yasui, N. Thungsuk, N. Mungkung, M. Sezaki, Characteristics of Porous Ceramics Made from Clay and Waste Glass Fiber Reinforced Plastic, Proceedings of 2st ACEIAT2015, (2015), pp.199-202, 2015年8月, バンコク.

講演論文

1. 木之下広幸, 安田雄祐, 上運天柗太, 安井賢太郎, 湯地敏史, 岡村好美, 瀬崎満弘, 房野俊夫, 粘土と廃棄GFRPを原料とするヒートアイランド現象対策用舗装ブロックの開発, 日本機械学会第24回環境工学総合シンポジウム2014, pp.58-61, 2014年11月.
2. 木之下広幸, 上運天柗太, 安田雄祐, 安井賢太郎, 湯地敏史, 岡村好美, 瀬崎満弘, 澤山重樹, ガラス繊維の含有率が極めて高い廃棄熱硬化性プラスチックと粘土の混合物を焼成したセラミックスの強度, 日本機械学会第24回環境工学総合シンポジウム2014, pp.54-57, 2014年11月.
3. 木之下広幸, 安井賢太郎, 安田雄祐, 上運天柗太, 湯地敏史, 岡村好美, 境健太郎, 瀬崎満弘, 粘土と廃棄GFRPの混合物を焼成した多孔質セラミックスのNO₂吸着除去性能, 日本機械学会第24回環境工学総合シンポジウム2014, pp.111-114, 2014年11月.
4. 安田雄祐, 木之下広幸, 安井賢太郎, 上運天柗太, 岡村好美, 湯地敏史, 瀬崎満弘, 澤山重樹, 廃棄GFRP, 粘土及びTiO₂粉末を混合・焼成したセラミックスのNO₂除去性能 (2015.3), 日本機械学会九州支部68期総会・講演会, pp.97-98, 2015年3月.
5. 安井賢太郎, 後藤 彰吾, 木之下広幸, 市川大貴, 岡村好美, 湯地敏史, 瀬崎満弘, 澤山重樹, 廃棄GFRPを再利用したセラミックスの濁水濾過性能 (2015.3), 日本機械学会九州支部68期総会・講演会, pp.95-96, 2015年3月.
6. 安井賢太郎, 後藤彰吾, 木之下広幸, 岡村好美, 湯地敏史, 瀬崎満弘, 澤山重樹, 廃棄ガラス繊維強化プラスチックを再利用したセラミックスの濾過材への応用, 日本機械学会第25回環境工学総合シンポジウム2015, CD 頁数4, 2015年7月.
7. 木之下広幸, 安井賢太郎, 湯地敏史, 岡村好美, 瀬崎満弘, 他2名, 廃棄GFRP を再利用したセラミックスの透水性ブロックおよび濾過材への応用, 日本機械学会九州支部69期総会講演会, No.168-1, G29 (頁数2), 2016年3月15日.
8. 木之下広幸, 安田雄祐, 安井賢太郎, 河村隆介, 廃棄GFRP を再利用したセラミックスの保水性舗装ブロックへの応用 (蒸発熱による輻射熱の低減効果についての定量的考察), 日本機械学会九州支部69期総会講演会, No.168-1, G21 (頁数2), 2016年3月15日.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- ・NO₂循環濾過試験装置, 濁水濾過試験装置

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

- ・各種ガラス繊維強化多孔質セラミックス

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 宮崎大学工学教育研究部 材料研究室

住 所： 〒889-2192

宮崎市学園木花台西1-1

申請者： 准教授 木之下 広幸 (キノシタヒロユキ)

担当部署： 機械設計システム工学科

E-mail： t0d165u@cc.miyazaki-u.ac.jp

URL： <http://www.cc.miyazaki-u.ac.jp/kinoshita/>